

전력품질을 고려한 배전시스템에서의 개선된 재폐로방식에 관한 연구

論 文

51A-1-1

Advanced Reclosing Schemes in Power Distribution Systems Considering Power Quality

林 成 正* · 金 載 哲**

(Seong-Jeong Rim · Jae-Chul Kim)

Abstract - This paper proposes an advanced reclosing scheme to improve power quality in power distribution systems. When a fault occurs in distribution system, the proposed scheme determines the number of reclosing shots and its intervals according to the magnitude of fault current. Thus, an advanced reclosing scheme takes account of the power quality problem in customers' and the damage in electric facilities. To verify the effectiveness of the proposed scheme, a numerical simulation that calculates various indices to consider the reliability and the other effects on electric facility, is carried out with actual field data.

Key Words : Reclosing, Reliability, Power Quality, Distribution System

1. 서 론

전력전자소자를 사용하는 공장자동화용 컴퓨터, 사무자동화 기기, 속도 가변형 전동기 드라이브(adjusted speed drive) 등의 순간정전이나 순간전압강하, 고조파와 같은 전력품질(power quality)에 매우 민감한 부하의 사용이 급증하고 있다. 한편 신뢰도 향상을 위한 재폐로 수행 시 영구사고인 경우 차단기 재투입은 전력설비에 피해를 줄 수 있다. 이러한 민감 부하와 설비 유지 보수비용의 증가에 따라 수용가와 공급자 모두 예기치 않은 피해를 줄이기 위해서 전력품질에 대한 관심이 고조되었다[1].

영구정전을 줄이기 위해서 전력회사는 다중 재폐로방식을 채용하고 있다. 그러나 사고가 제거되지 않은 상태에서 차단기의 재투입은 재폐로 실패로 반복된 높은 고장전류의 유입에 의해서 전기설비에 큰 충격을 주게 되며, 인근 선로에서는 연속적인 순간전압강하(voltage sag)에 의해서 전력품질 문제가 발생하게 된다[1-2]. 신뢰도 측면에서 기존 재폐로방식은 재폐로 시도횟수를 늘릴수록 재폐로 성공률이 증가하게 되므로 영구정전을 줄이게 되어 신뢰도가 향상된다고 볼 수 있다. 그러나 재폐로 시도횟수의 증가는 순간정전이나 순간전압강하 발생확률을 증가시키는 결과를 낳게 되어 전력품질은 저하하게 된다. 따라서 전력품질을 고려한 새로운 재폐로방식이 요구된다.

배전시스템의 재폐로방식에 관한 연구는 크게 경험적인 접근법과 해석적인 접근법으로 분류할 수 있다. 경험적인 접근

법으로 L. Johnston[3]은 전기설비의 충격을 줄이기 위해서 재폐로 시도횟수를 줄이고 재폐로 시간간격을 늘리는 재폐로방식을 제안하여 재폐로 성공률을 향상시켰다. 그러나 이 접근법은 직관적이고 경험적인 통계를 사용함으로써 일반성을 가지지 못한다. R. G. Coney[4]는 시골지역에 다중 재폐로방식을 제안하였다. 이 방식은 전기수리공이 먼 사고지역에 도착하기 전에 사고상태를 확인하기 위해서 차단기를 재투입함으로써 재폐로가 성공하면 사고가 정정된 것으로 볼 수 있다. R. Ramon[5]은 대부분의 사고가 거주자의 반달리즘에 의해 주상변압기 2차측에서 발생하기 때문에 주상변압기 2차측에 재폐로장치의 설치를 제안하여 사고영향의 감소뿐만 아니라 재폐로 효율을 향상시켰다.

해석적인 접근법으로 C. M. Warren[6]은 순간정전을 줄이기 위해서 FSR(Feeder Selective Relaying)을 적용하지 않는 경우 신뢰도 지수의 영향을 분석하였다. 이 분석에서는 재폐로장치 설치개수를 늘릴수록 신뢰도가 향상됨을 입증하였다. 그러나 재폐로방식의 변경과 전력품질에 대해서는 고려하지 않았다. 김재철[7]은 전력용 변압기의 재폐로에 의한 충격 누적효과를 분석하였다. 이 분석에서는 재폐로 시도횟수의 증가가 반복적인 전기적인 충격으로 인해서 전력용 변압기의 수명을 감소함을 입증하였다. 이들 전력설비의 충격을 줄이기 위해서 A. P. Apostolov[8]은 과부하된 차단기를 보호하기 위한 지능형 재폐로방식을 제안하였다. 이 방식은 사고전류의 크기에 따라 재폐로 시도횟수를 변경한다. 그러나 순간정전이나 순간전압강하 등을 고려하지 않았기 때문에 수용가측 부하에 전력품질 문제를 일으키게 된다. R. Settembrini[9]은 수용가측 요구를 충족시키기 위한 적정 배전시스템의 설계 및 성능을 여러 형태의 배전시스템에 대한 신뢰도와 전력품질을 분석하였다. 이 분석에서는 배전시스템의 구조와 운전 파라미터에 따른 전력공급의 등급을 결정할 수 있지만, 재폐로방식에 대한 효과는 포함하지 않았다.

* 正 會 員 : 現代重工業(株) 機電研究所 先任研究員 · 工博

** 正 會 員 : 崇實大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2001年 1月 31日

最終完了 : 2001年 12月 16日

재페로 성공을 위한 재페로 시간간격의 결정은 주로 사고 종류, 사고전류의 크기, 사고 정전시간, 기후 등에 영향을 받기 때문에 재페로 시간간격은 정의되지 않는다[10]. 그러나 긴 재페로 시간간격은 배전선로의 방전(de-energizing)을 유도하여 영구정전의 발생확률을 줄이기 때문에 재페로 성공률을 좀더 향상시킬 수 있다는 사실은 분명하다.

본 논문은 배전시스템에서 전력품질을 개선하고 전력설비 피해를 줄일 수 있는 새로운 재페로방식을 제안하였다. 사고가 발생한 경우 제안된 방식은 적정 재페로 시도횟수와 시간간격을 선택하기 위하여 사고전류의 크기를 측정한다. 제안된 재페로방식의 효율을 검증하기 위해서 신뢰도 지수, 전력품질 지수, 전력설비 충격지수를 사용하여 평가하였으며, 한전 배전시스템에서 기존 방식과 비교하였다. 제안된 방식은 기존 방식과 비교하여 전력품질과 전력설비 수명을 향상시킬 수 있음을 입증하였다.

2. 순간전압강하와 민감부하의 정지

전력선 사고는 낙뢰, 스위칭 서어지, 동물 및 외부적인 영향에 의한 사고가 대부분 차지한다. 재페로방식은 영구정전 이전에 자동적으로 사고지역을 복구하기 위한 보호방식이다. 재페로방식의 특징을 조사하기 위해서 전형적인 배전시스템의 구성을 그림 1에 나타내었다.

일반적으로 변전소 전력용 변압기 모션에는 여러 개의 피더가 연결되어 있고 주상변압기나 지상설치형 변압기 2차측을 통해 민감부하를 포함한 수용가측 부하가 연결되어 있다.

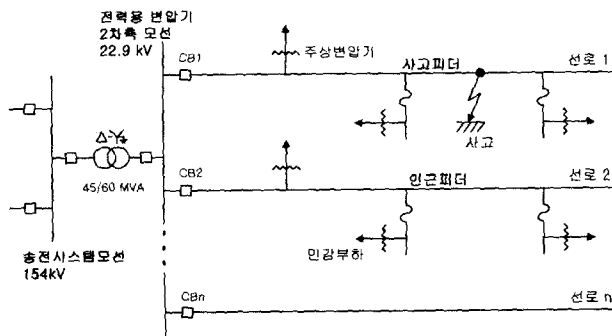


그림 1. 전형적인 배전시스템 구성도
Fig. 1. Typical radial distribution system.

그림 1에서 피더 1에 사고가 발생한 경우, 재페로 계전기를 가진 차단기(CB1)가 트립하여 선로의 전원을 끊은 후 짧은 재페로 시간간격 경과후 다시 재투입한다. 이때 재투입후에 선로에서 사고전류가 탐지되지 않는 경우에는 지속적으로 전력공급이 된다. 반대로 CB1에서 사고전류를 탐지한 경우 다시 차단기를 트립한 후 일정시간 경과후 다시 재투입을 시도한다. 만일 두 번째 재투입한 경우에도 선로에서 사고전류를 탐지하면 피더를 영구적으로 트립한다. 이러한 재페로 책무에서 사고전류는 인근피더에 순간전압강하를 발생시키며, 사고피더에서는 재페로 시간간격동안 순간정전을 발생하게 된다.

전력품질을 저하시키는 순간전압강하의 영향은 그림 2에 나타낸 CBEMA(Computer Business Equipment Manufac-

turers Association) 곡선으로 표현된다. 이 곡선은 컴퓨터 장비의 충분한 운영을 위한 전압특성 곡선이기 때문에 특정 컴퓨터에 국한되지 않는 이론적인 데이터를 사용하여 구성하였다.

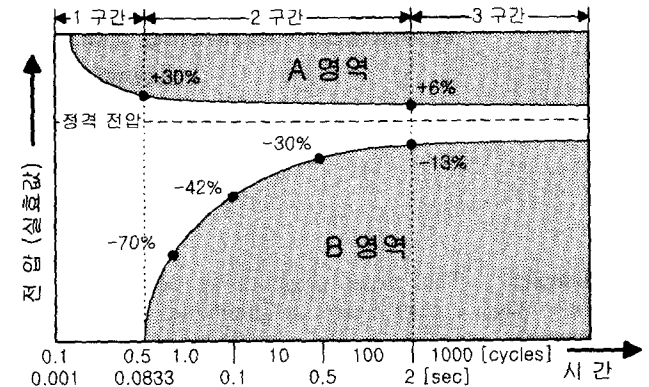


그림 2. CBEMA 곡선
Fig. 2. CBEMA Curves.

그림 2에서 보는 바와 같이 A 영역의 전압변동은 하드웨어 요소에 피해를 입힐 수 있으며, B 영역의 전압변동은 장비의 오동작이나 저장된 데이터를 손실시킬 수 있다. 최근 이 곡선은 전력설비에 대한 허용정도로 활용하기도 한다[1]. 그림 2에서 전압변동은 시간측면에서 3가지 항목으로 분류된다. 1 구간은 0.5사이클 이내의 전압변동으로 과도 스파이크나 노치(notch)의 형태로 발생한다. 2구간은 0.5사이클에서 2초사이의 전압변동으로 순간전압강하와 순간정전을 포함한다. 3구간은 2초이상의 전압변동으로 전압조정기의 부족이나 단시간 또는 장시간 영구정전을 일으킨다.

한전계통의 가공선로에서는 70%이상이 2회 재페로방식을 채용하고 있다. 채용된 방식에서 재페로 시간간격은 각각 0.5초와 2초이다. 이는 그림 2에서 2구간과 3구간에 해당되는 전압변동을 일으킬 수 있으므로 민감부하를 정지시킬 수 있다.

3. 재페로 효과의 평가

3.1 신뢰도의 평가

신뢰도지수의 선정은 배전시스템의 신뢰도를 적절히 평가 하는데 매우 중요하다. 기존의 신뢰도지수는 영구정전회수와 정전시간을 기초하였기 때문에 재페로에 의한 정전시간의 평가는 쉽지 않다. 본 논문에서는 재페로의 효과를 평가하기 위하여 신뢰도 해석에 널리 사용되는 시스템 평균 정전회수(SAIFI: System Average Interruption Frequency Index)를 사용하였다[6]. SAIFI는 식(1)에 나타내었다.

SAIFI 지수는 재페로 시도시 재페로 성공률을 반영할 수 없기 때문에 j번째 재페로의 영향을 고려하기 위해서 SAIFI 지수를 SAIFI(j)로 수정하였다. 이 지수는 식(2)에 나타내었으며, 재페로 시도횟수와 재페로 성공률의 영향을 고려할 수 있다.

식 (2)에서 SAIFI(0)은 재페로가 적용되지 않았을 경우의

SAIFI 지수값을 의미한다. 본 논문에서 정전에 영향을 받는 수용가수는 사고피더에 연결된 수용가로 가정하였다. 왜냐하면 사고 피더의 수용가만이 피더의 재폐로 계진기에 의해서 차단, 복구되기 때문이다. 일반적으로 재폐로 시도횟수 j 가 증가한다면 재폐로 성공률(RS)도 증가하게 된다. 즉 재폐로 성공률이 증가하면 SAIFI(j)는 감소하게 되며 신뢰도가 개선된다.

$$SAIFI = \frac{\text{정전에 영향받은 수용가수}}{\text{총 수용가수}} = \frac{\sum_{i=1}^{NF} \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^{NF} N_i} \quad (1)$$

여기서, N_i : i 번째 피더의 수용가 수
 NF : 주변압기에 연결된 총 피더수
 λ_i : i 번째 피더의 사고율

$$SAIFI(j) = SAIFI(0) \times \left(1 - \sum_{j=1}^{NRC} R_s(j) \right) \quad (2)$$

여기서, NRC : 재폐로 시도횟수
 $R_s(j)$: j 번째 재투입시 재폐로 성공률

3.2 전력설비 충격의 평가

차단기의 재투입에 대한 전력설비 충격의 평가는 재폐로에 의한 장비의 피해정도를 평가하는 것이다. 장비의 피해를 정량적으로 표현하기 위해서 전력설비의 기능상 수명을 적용하였으며, 식(3)에 나타내었다 [11-13].

$$L_k(\sigma_k, y_k) = c_1 \cdot \sigma_k^{-c_2} \cdot \exp(-c_3 \cdot y_k) \quad (3)$$

여기서, $\sigma_k = 7.6 \times 10^{-5} \times i^2 [\text{psi}]$: k 번째 사고에 의한 기계적 스트레스
 y_k : k 번째 사고에 의한 노화계수 [p.u.]
 c_1 : 설비 계수
 i : 순시전류 [A]

식(3)에서 기계적 스트레스는 사고전류의 크기의 제곱에 비례한다[12]. 사고전류의 크기와 지속시간에 대해서 장비의 기능적 수명과 관계를 사용해서 식(4)와 같은 새로운 충격 지수를 도입하였다. EFII(Electric Facility Impact Index)는 전력설비의 충격정도를 정량적으로 나타낸다.

$$EFII_k = \frac{D_k(\sigma_k, y_k)}{L_k(\sigma_k, y_k)} \quad (4)$$

식(4)에서 계수 D_k 는 k 번째 사고의 지속시간을 나타낸다.

고장지속시간은 고장검출후 트립될 때까지의 시간을 의미하며 일반적으로 5[cycle]이내에 수행되므로 일정하다고 가정하였다. k 번째 사고에 대해서 전력설비에서 경험하는 충격은 고장전류의 크기에 직접적인 영향을 받으므로 식(4)의 분모항에 포함시켜 전류크기에 대한 영향을 고려하였다. EFII의 누적값이 1이 된다는 것은 전력설비가 고장이라는 것을 의미한다. 따라서 EFII가 감소한다면 설비의 수명은 증가하게 된다.

3.3 전력품질의 평가

재폐로가 실패한 경우 사고피더에서는 추가적인 순간정전이 발생하게 되며 인근피더에서는 순간전압강하가 발생하게 된다. 이러한 전력품질 문제의 영향은 기존의 신뢰도지수로 평가할 수 없기 때문에 새로운 전력품질지수인 시스템평균전압품질지수(SAVQFI: System Average Voltage Quality Problem Frequency Index)를 도입하였다. 이 지수는 식(5)에 나타내었다.

$$SAVQFI = \frac{\text{순간정전에 영향받은 수용가수}}{\text{총 수용가수}} + \frac{\text{순간전압강하에 영향받는 수용가수}}{\text{총 수용가수}} = \frac{\sum_{i=1}^{NF} \left(\lambda_i \cdot N_i \cdot \sum_{j=1}^{NRC} R_s(j) \right)}{\sum_{i=1}^{NF} N_i} + \frac{\sum_{i=1}^{NF} \left(\lambda_i \cdot \sum_{k=1, k \neq i}^{NF} \left(N_k \cdot \rho_k \cdot W_k \cdot \left(1 - \sum_{j=1}^{NRC} R_s(j) \right) \right) \right)}{\sum_{i=1}^{NF} N_i} \quad (5)$$

여기서, W_k : k 번째 피더의 민감부하 구성비율
 N_k : k 번째 피더의 수용가수
 ρ_k : k 번째 피더에서 순간전압강하에 정지될 확률

식(5)에서 계수 W_k 는 수용가측 부하에서 민감부하가 차지하는 구성비율로서 인근피더에서 순간전압강하에 영향받는 수용가수를 고려할 수 있다. 사고전류가 큰 경우 순간전압강하도 크게 발생하게 되어 민감부하의 정지비율도 증가하게 된다. 이러한 영향을 고려하기 위해서 계수 ρ_k 는 사고전류의 크기를 반영하도록 하였다.

4. 제안된 재폐로방식

일반적으로 높은 사고전류는 전력설비에 좀더 큰 충격을 주며, 순간전압강하도 커지고, 재폐로 성공률도 감소하게 된다. 재폐로 시간간격의 증가는 설비의 충격에 대한 회복시간을 늘려주며 재폐로 성공률도 증가시킬 수 있다. 전력설비와 민감부하의 피해를 줄이기 위해서 제안된 방식은 사고전류의 크기에 따라 적정한 재폐로 시도횟수와 시간간격을 결정한다.

다. 이러한 기능을 구현하기 위해서 그림 3에 제안된 재폐로 방식을 나타내었다.

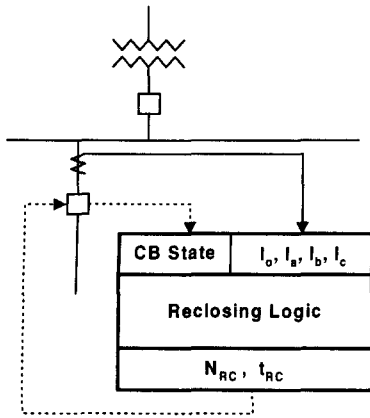


그림 3. 제안된 재폐로방식의 구조
Fig. 3. Structure of the proposed reclosing scheme.

제안된 방식의 구조에서 입력정보는 각상 전류와 차단기 상태로 구성되며, 출력정보는 재폐로 시도횟수 NRC와 재폐로 시간간격 tRC로 구성된다. 그림 4는 적절한 NRC와 tRC를 선택한 제안된 방식의 간단한 예를 나타내었다.

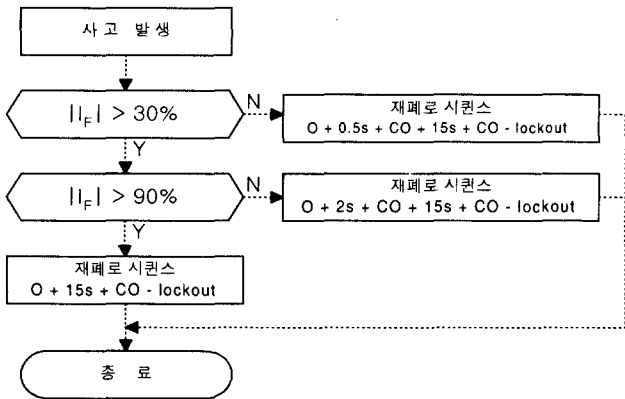


그림 4. 제안된 재폐로 책무의 예
Fig. 4. An example of the proposed reclosing logic.

제안된 방식의 간단한 예에서 사고전류가 최대 고장전류의 30%이하인 경우 2회 재폐로를 수행한다. 첫 번째 재폐로 시간간격은 고속으로 0.5초이고 두 번째 재폐로 시간간격은 저속으로 15초이며 식(6)과 같이 표현할 수 있다.

$$O - 0.5초 - CO - 15초 - CO \quad (6)$$

여기서, O : 차단기 개방
CO : 차단기 투입/개방

사고전류가 최대 고장전류의 30%에서 90%사이인 경우 2회 재폐로를 수행하며 첫 번째와 두 번째 재폐로 시간간격은 각각 2초와 15초이다. 이러한 재폐로 책무는 식(7)과 같이 표현할 수 있다.

$$O - 2초 - CO - 15초 - CO \quad (7)$$

사고전류가 최대 고장전류의 90%를 초과한 경우 1회 재폐로를 수행하며 첫 번째 재폐로 시간간격은 15초이다. 이러한 저속 재폐로는 높은 사고전류에 의한 연속적인 충격과 순간 전압강하를 제한하기 위한 것으로 재폐로 책무는 식(8)과 같이 표현할 수 있다.

$$O - 15초 - CO \quad (8)$$

변압기와 같은 전력설비의 피해는 사고전류의 크기에 직접적으로 비례한다. 비록 재폐로 성공률이 높다고해서 재폐로 시도횟수를 늘린다면 전력설비의 충격은 증가하게 된다. 제안된 방식의 개선은 다음절에서 설명하기로 한다.

5. 사례연구

제안된 재폐로방식의 효율성을 검증하기 위해서 실제 현장 데이터를 사용하여 공급신뢰도, 전력품질, 설비충격을 평가하였다. 그림 5에 나타낸 단선도는 한전계통 J변전소의 배전구조로서 본 사례연구를 위해서 사용하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 J변전소는 3대의 전력용 변압기와 4개의 송전선로, 20개의 배전선로로 구성되어 있다.

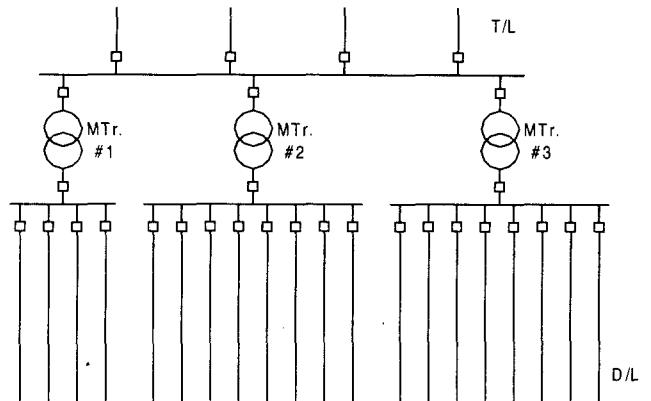


그림 5. 전형적인 배전선로의 단선도 (J변전소)
Fig. 5. An One-line diagram of typical distribution line. (J S/S)

표 1은 4년(1991년-1994년)간 배전선로에서 발생한 사고에 대한 재폐로 시도횟수와 재폐로 성공횟수 기록데이터를 나타낸 것이다[7]. 표 1에서 재폐로 성공률 RS는 식(9)와 같이 계산하며 그 계산결과는 표 2에 수록하였다.

$$R_s = \frac{\sum \text{재폐로 성공횟수}}{\sum \text{재폐로 시도횟수}} \times 100 [\%] \quad (9)$$

표 2에서 보는 바와 같이 평균 재폐로 성공율은 첫 번째 재폐로에서 69.71[%], 두 번째 재폐로에서 8.45[%]이다. 4년간 평균 재폐로 성공률은 77.62[%]이다. 이 비율은 다른 변전소의 운전기록과 유사하기 때문에 이 현장데이터는 전형적인

한전 배전시스템을 표현한 것으로 볼 수 있다.

표 1. J변전소에 운전기록 데이터

Table 1. Recorded data for J substation.

뱅크	년도	재폐로 횟수	재폐로 성공횟수	
			1번째	2번째
MTr. #1	1991	7	3	1
	1992	3	3	0
	1993	13	10	0
	1994	6	4	0
MTr. #2	1991	22	9	5
	1992	23	18	1
	1993	23	19	0
	1994	25	15	1
MTr. #3	1991	34	26	5
	1992	23	12	4
	1993	15	13	1
	1994	17	13	1
총계		211	145	19

표 2. J변전소의 재폐로 성공률

Table 2. The successful reclosing rate of J substation.

년도	재폐로 성공률 [%]		
	1번째	2번째	합계
1991	60.32	17.46	77.78
1992	67.35	10.20	77.55
1993	82.35	1.96	84.31
1994	66.66	4.17	70.83
평균	69.17	8.45	77.62

J변전소에 설치한 고장기록장치(fault recorder)로부터 취득한 고장전류 데이터는 그림 6에 나타내었다. 그림 6에서 막대그래프는 주변압기 2차측에서의 순간전압강하 발생횟수를 나타내며, 곡선은 순간전압강하 누적확률을 나타낸다. 그림 6에서 보는 바와 같이 정격전압의 80% ~ 90%사이의 순간전압강하 발생횟수가 나머지 발생횟수에 비해서 많은 비율을 차지함을 알 수 있다.

평가를 위한 기준으로서, 앞에서 설명한 신뢰도 지수, 전력품질 지수, 설비충격지수를 사용하였다. 신뢰도 평가는 재폐로 시도횟수에 따른 영구정전 발생횟수를 나타내는 SAIFI를 사용하였다. 전력품질 평가에 SAVQFI지수는 전력품질 문제 발생횟수를 나타낸다. 전력설비의 충격 평가에 대해서 EFII 지수는 재폐로 시도횟수와 사고전류의 크기에 따른 변압기의 기능적 수명을 평가하는 데 적용한다. 참고문헌[7]의 현장 실험 데이터를 사용하여 평가한 결과는 표 3에 수록하였다.

표 3에서 수용가에 포함된 민감부하의 구성비율은 팔호의 백분율로 나타내었다. 표 3에서 보는 바와 같이 기존 방식과 제안된 방식의 비교결과 EFII지수는 기존의 방식에 비해서 38%개선되었다. SAIFI와 SAVQFI지수는 민감부하의 구성비율을 증가할수록 제안된 방식이 향상됨을 알 수 있다. 만일 민감부하의 정지가 재폐로에 의해서 발생한다면 영구정전과 같은 영향을 받게 된다. 따라서 이러한 영향은 기존 방식보

다는 SAIFI+SAVQFI 지수값으로 평가할 수 있다. 결국 제안된 재폐로방식은 순간정전 및 순간전압강하를 고려하는 경우 전력품질뿐만 아니라 설비충격을 개선할 수 있음을 입증하였다. 비록 개선된 값이 적다고 볼 수 있지만 그 영향은 상당하다.

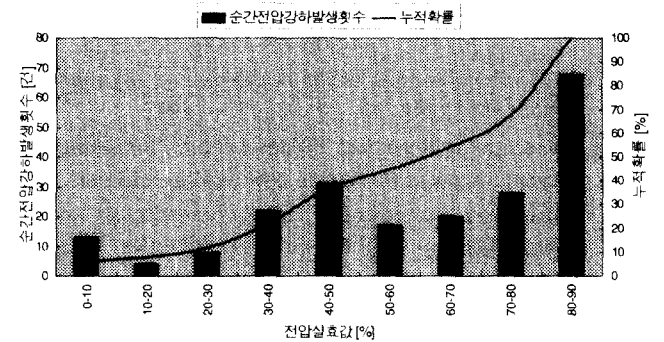


그림 6. 순간전압강하의 크기와 발생 횟수

Fig. 6. Magnitude and frequency of voltage sags.

표 3. 재폐로방식별 평가지수 계산결과

Table 3. Evaluation indices for each reclosing scheme.

평가지수	기존의 방식	제안된 방식
EFII	0.01697	0.01046
SAIFI	0.50	0.50
SAPQFI (0%)	1.31	1.31
SAPQFI (20%)	3.04	3.00
SAPQFI (40%)	4.76	4.69
SAPQFI (60%)	6.49	6.39
SAIFI+SAPQFI(0%)	1.81	1.81
SAIFI+SAPQFI(20%)	3.54	3.51
SAIFI+SAPQFI(40%)	5.26	5.20
SAIFI+SAPQFI(60%)	6.99	6.89

6. 결 론

본 논문은 전력품질을 개선하고 전력설비 피해를 감소하기 위한 새로운 재폐로방식에 대해서 설명하였다. 제안된 방식은 사고전류의 크기에 따라 적정한 재폐로 시도횟수와 재폐로 시간간격을 결정한다. 재폐로에 의한 신뢰도의 영향을 평가하기 위해서 SAIFI지수를 사용하였으며, 전력품질과 설비충격을 평가하기 위해서 SAVQFI와 EFII지수를 도입하였다. 사례연구에서는 현장 운전데이터를 사용하여 평가하였으며 평가결과 제안된 방식이 변압기의 충격을 감소하였으며 전력품질을 개선함을 입증하였다.

참 고 문 헌

[1] R.C.Dugan et al., Electrical power systems quality, McGraw-Hill, 1996.

[2] Y.Sekine et al., "Present state of momentary voltage dip inferences and the countermeasures in Japan", CIGRE 36-206, Sep. 1992.

[3] L.Johnston et al., "An analysis of VEPCO's 34.5kV distribution feeder faults as related to through fault failures of substation transformers", IEEE Transactions on Power Apparatus Systems, Vol.PAS-97, No.5, pp.1876-1884, Sep/Oct. 1978.

[4] R.G.Coney, "Autoreclosing practices and experience in ESKOM", CIGRE 34-202, Aug/Sep. 1992.

[5] Ramon de la Rosa and E.Schulmann, "Reclosing principle application on the low voltage side of distribution transformers", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 6, No. 4, pp.1899-1905, Oct. 1991.

[6] C.M.Warren, "The effect of reducing momentary outages on distribution reliability indices", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, No.3, pp.1610-1617, July 1992.

[7] 김재철 외, "전력용 변압기 사고감소에 관한 연구(I)", 한국전력공사 기술연구원, KRC-88S- J04, 1989.

[8] A.P.Apostolov et al., "Intelligent reclosing for overdutied breaker", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.10, No.1, pp.153-158, Jan. 1995.

[9] R.C.Settembrini, J.R.Fisher, and N.E.Hudak, "Reliability and quality comparisons of electric power distribution systems", Conference of IEEE T&D, Dallas, pp.704-712, 1991.

[10] W.A.Elmore, Protective Relaying Theory and Applications, New York : ABB Power T&D Company Inc., pp.333-336, 1994.

[11] Jae-Chul Kim et al., A study for the optimal reclosing method on the transmission and distribution line, Final Report KEPRI-95Y-J18, 1998.

[12] W.J.McNutt and M.R.Patel, "The combined effects of thermal aging and short-circuit stresses on transformer life", IEEE Transactions on Power Apparatus Systems, Vol.PAS-95, No.4, pp.1275-1286, July/Aug. 1976.

[13] W.J.McNutt, "A Proposed functional life test model for power transformer", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.PAS-96, No.5, pp.1648-1656, Sept./Oct. 1977.

저 자 소 개



임 성 정(林 成 正)
 1967년 6월 4일생. 1991년 서울산업대학교 전기공학과 졸업(학사). 1993년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998년 동대학원 졸업(공학박). 1996년-2000년 숭실대학교 부설 생산기술연구소 연구원. 2000년-현재 현대중공업(주) 기전연구소 선임 연구원
 Tel : 031-289-5328, Fax : 031-289-5115
 E-mail : rimsj@hhi.co.kr



김 재 철(金 載 哲)
 1955년 7월 22일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 서울대학교 대학원 졸업(석사). 1987년 동 대학원 졸업(공학박). 1988년-현재 숭실대학교 전기공학과 교수
 Tel : 02-820-0647, Fax: 02-817-0780
 E-mail : jckim@ee.ssu.ac.kr